

5. Succinates of Some Rare-Earth Elements // J Russian Journal of General Chemistry, Vol. 73, No. 7, 2003, P.1005-1009

6. Lima L.S. et al, Synthesis, characterization and thermal behaviour of solid-state compounds of light trivalent lanthanide succinates // Thermochimica Acta. – 2010. - Vol.501 P.50-54

Кошевой А.О., Карагандинский государственный университет имени академика Е.А.Букетова, физико-технический факультет, гр. ФПР-407, студент
(Научные руководители – доктор PhD Афанасьев Д.А., к.т.н. Гладкова В.К.)

ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИЕ СВОЙСТВА ПЛЁНОК ZnO, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО СИНТЕЗА

В настоящее время исследователи обращают все больше внимания на получение и изучение свойств наноструктурированных материалов [1-3]. Этот интерес обусловлен большими возможностями практического применения таких материалов для создания элементов молекулярной электроники [4], элементов оптоэлектроники [5], фотовольтаических ячеек [6]. Одним из перспективных материалов на основе которого возможно получить различные наноструктуры, является оксид цинка ZnO [7]. Однако для полученных наноструктур необходимо знать не только их структурные свойства, но и оптические и электрические характеристики. Поэтому в данной работе приведены данные по изучению оптических и электрических свойств наностержней ZnO, полученных методом гидротермального синтеза.

Синтез наностержней ZnO гидротермальным методом состоял из двух этапов. Первый этап – нанесение затравочного слоя и второй этап – синтез наностержней на подложке с затравочным слоем гидротермальным осаждением. Второй - осаждение массива наностержней. Подробно, методика синтеза наностержней ZnO описана в работе [8].

Для полученных пленок измерены спектры поглощения и люминесценции пленок. Регистрация спектров поглощения пленок производилась при помощи спектрофотометра AgilentCary 300. Спектры флуоресценции измерялись на спектрофлуориметре CaryEclipse. Измерения удельного сопротивления и эффекта Холла проводились на измерительной установке методом четырех зондов [9].

Для синтезированных пленок определялись толщина и размер стержней. Для пленки, полученной гидротермальным методом в течении 10 ч, толщина составила 2,9 мкм. Внешний вид стержней приведен на рисунке 1. Средний диаметр стержней составил 150 нм (рисунок 1).

Проводилось исследование кристаллической структуры синтезированных пленок. Данные по свойствам пленок ZnO подробно описаны в работе [10].

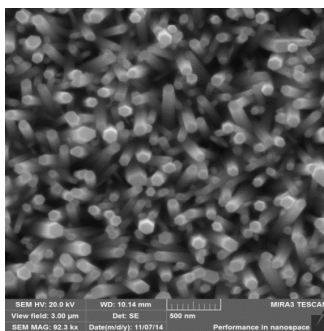


Рисунок 1 - СЭМ изображение образцов, полученных гидротермальным методом

Для пленок ZnO измерены спектры поглощения и люминесценции. Спектры поглощения пленок приведены на рисунке 2. Для полученных пленок рассчитана величина ширины запрещенной зоны (E_g) ZnO. Для расчетов была использована методика приведенная в работе [11]. Величина E_g составила 3,3 эВ.

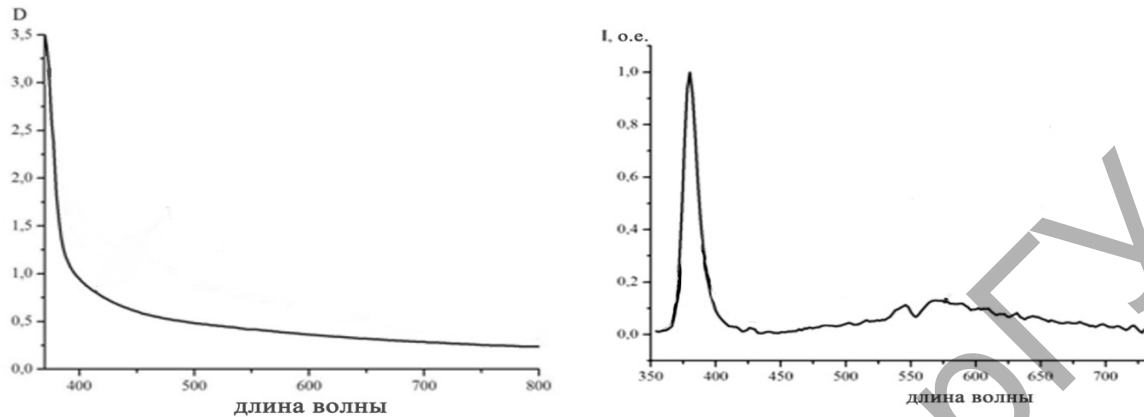


Рисунок 2 - Спектры поглощения (1) и флуоресценции (2) пленки ZnO

Также проведено измерение спектров люминесценции пленок ZnO. Проводился анализ спектров люминесценции наностержней. Для определения кристалличности наноструктур ZnO часто сравнивают отношение значения амплитуды максимума интенсивности полосы люминесценции в видимой области (I_{BO}) к значению амплитуды максимума полосы краевой люминесценции в коротковолновой области $I_{УФ}$. Отношение $I_{BO}/I_{УФ}$ для пленок составило 0,13, что говорит о низкой степени дефектности пленки.

Для пленки ZnO, полученной на непроводящей подложке были измерены концентрация и подвижность носителей заряда. Для определения концентрации и подвижности носителей заряда были использованы измерения удельного сопротивления и коэффициента Холла.

Первоначально было измерено удельное сопротивление пленки в соответствии с методикой, описанной в [12].

Величина удельного сопротивления составила $2,7 \cdot 10^5$ Ом/см.

Как известно, удельное сопротивление образцов выражается следующим образом:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = qn\mu_n + qr\mu_p \quad (1)$$

где q – величина электрического заряда, n , p – концентрация электронов и дырок, μ_n , μ_p – подвижность электронов и дырок. В случае преобладания одного из видов носителей заряда над другим (примесная проводимость) в формуле 1 остается только одно слагаемое. В случае с пленками ZnO обычно наблюдается электронная проводимость и тогда формула (1) примет вид:

$$\frac{1}{\rho} = qn\mu_n \quad (2)$$

Измерения коэффициента Холла проводились на четырехзондовой измерительной установке. Для этого прибор переводится в режим измерения эффекта Холла. В этом случае источник тока и измеритель напряжения подключаются к 4 зондам по диагоналям квадрата.

Для измерения использовался неодимовый магнит. Величина магнитного поля в точке измерения измерялась при помощи градуированного датчика Холла.

График для определения величины магнитного поля приведен на рисунке 3. По оси абсцисс отложено напряжение, генерируемое датчиком Холла, по оси ординат – величина индукции внешнего поля.

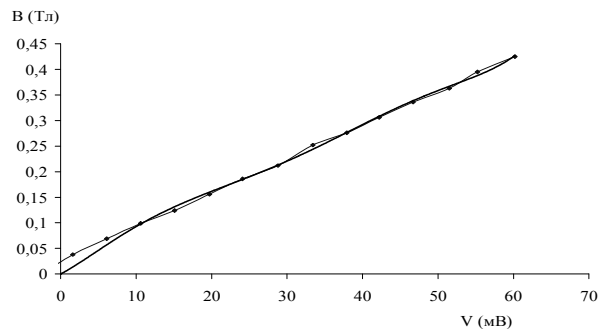


Рисунок 3 - Градуировочный график для датчика Холла.

Для оценки величины магнитного поля можно использовать формулу, связывающую величину напряжения датчика и величину внешнего магнитного поля.

$$y = 0,00000x^6 - 0,00000x^5 + 0,00000x^4 - 0,00005x^3 + 0,00047x^2 + 0,00795x, \quad (3)$$

где x – напряжение датчика, а y – величина внешнего магнитного поля.

На пластинах произвольной геометрической формы ЭДС Холла можно измерять аналогично измерению удельного сопротивления методом Ван-дер-Пау [12]. Электрический ток пропускают через контакты 1 и 3, а на контактах 2 и 4 измеряют разность потенциалов ($U_{24(0)}$ в отсутствие и при наличии магнитного поля $U_{24(B)}$). ЭДС Холла равно:

$$U_x = U_{24}(B) - U_{24}(0) = R_x \frac{I_{13} B}{\omega}. \quad (4)$$

Таким образом, для определения коэффициента Холла R_x необходимо измерить холловскую разность потенциалов; ток, протекающий через образец; магнитную индукцию и геометрический размер образца ω в направлении магнитного поля (толщина пленки). Если при измерении входящих в эту формулу величин использовать единицы СИ (вольт, ампер, метр и тесла), то коэффициент Холла будет иметь размерность $\text{м}^3/\text{Кл}$.

Толщина измеряемой пленки составила 2,5 мкм. Величина магнитного поля 0,292 Тл. Измерения проводились при токе 100 мкА. Величина разности потенциалов в нулевом поле $U_{24(0)} = 1,11$ В, напряжение в присутствии магнитного поля составило $U_{24(B)} = 3,825$ В.

Холловский коэффициент $R_x = 2,32 \cdot 10^4 \text{ см}^3/\text{Кл}$. Зная величину удельного сопротивления и холловский коэффициент R_x можно определить холловскую подвижность μ_x по формуле:

$$\mu_x = \frac{R_x}{\rho}. \quad (5)$$

Холловская подвижность равна $\mu_x = 0,8 \cdot 10^{-1} \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$. Концентрация носителей заряда может быть определена по формуле:

$$n = \frac{1}{R_x e}, \quad (6)$$

где e – элементарный заряд, равный $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Концентрация носителей заряда составила $n = 2,7 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$. Сравнение полученных результатов с литературными данными

[13] показало, что полученные величины подвижности носителей заряда и их концентрация входят в диапазон возможного значения величин.

Исходя из величины магнитной индукции и величины холловской подвижности был определен критерий слабого или сильного поля. Так, критерий слабого магнитного поля представлен в виде следующего неравенства:

$$\mu_n^2 B^2 \ll 1, \mu_p^2 B^2 \ll 1. \quad (7)$$

Оценка величины данного критерия показала соответствие критерия слабому магнитному полю.

$$\mu^2 \cdot B^2 = (0,8 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 0,29^2 = 5,4 \cdot 10^{-6} \ll 1. \quad (8)$$

В сильных магнитных полях $r=1$ независимо от механизма рассеяния. В случае слабого магнитного поля необходимо определить основной механизм рассеяния носителей заряда. Для невырожденных полупроводников, для которых применимы классическая статистика Больцмана и степенной закон зависимости времени релаксации от энергии, средние величины, входящие в выражение для коэффициента r , вычислены для различных механизмов рассеяния носителей заряда. Значения этого коэффициента приведены в таблице 1.

Таблица 1. Коэффициент r для различных механизмов рассеяния носителей заряда [12]

Механизмы рассеяния	r
Ионизированные примеси	1,93
Нейтральные примеси	1
Акустические фононы	1,18

После определения механизма рассеяния носителей заряда можно вычислить подвижность носителей заряда в ZnO по формуле:

$$\mu = \frac{\mu_x}{r}. \quad (9)$$

Анализ литературных данных показывает, что для ZnO в области температур до 115 К основной вклад в рассеяние электронов вносят ионизационные и нейтральные примеси (растворенные цинк и водород), а в области температур $T > 115$ К уменьшение подвижности электронов объясняется их рассеянием акустическими фононами и атомами нейтрального цинка, обладающими тенденцией накопления в местах дефектов структуры (дислокации, границы блоков) [14].

Измерение проводилось при комнатной температуре ($T = 300$ К), акустические фононы играют решающую роль в рассеянии носителей заряда, а значит $\mu = 6,78 \cdot 10^{-2}$.

Таким образом в проведенной работе изучены спектрально-люминесцентные свойства массивов наностержней ZnO, полученных гидротермальным методом. Измерены электрические характеристики пленок ZnO. Из абсорбционных спектров была определена ширина запрещенной зоны наностержней ZnO, которая составила 3,3 эВ.

Литература:

1. Рыжонков Д.И., Левина В.В., Дзидзигури Э.Л. Наноматериалы. Учебное пособие. М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2008. 365 с.
2. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физмат-лит, 2007. 416 с.

3. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 192с.
4. Ghosh A.W. Electronics with Molecules // Comprehensive Semicond. Sci. Tech. – 2011. – V.5. – P.383-479.
5. Iwasaki Y., Osasa T., Asahi M., Matsumura M., Sakaguchi Y., Suzuki T. Fractions of singlet and triplet excitons generated in organic light-emitting devices based on a polyphenylenevinylene derivative // Phys. Rev. B. – 2006. – V.74. –P. 195209(1–8).
6. Ito S., Murakami T.N., Comte P., Liska P., Grätzel C., Nazeeruddin M.K., Grätzel M. Fabrication of thin film dye sensitized solar cells with solar to electric power conversion efficiency over 10% // Thin Solid Films. – 2008. – Vol. 516. – P. 4613–4619.
7. Djurisić A.B., Leung Y.H. Optical Properties of ZnO Nanostructures // Small. – 2006. – Vol. 2. – P. 944–961.
8. Piyasov B.R., Ibrayev N.Kh., Nuraje N. Hierarchically assembled nanostructures and their photovoltaic properties // Materials Science in Semiconductor Processing. 2015. – V. 40. – P. 885–889.
9. Ибраев Н.Х., Исмаилов Ж.Т., Афанасьев Д.А. Автоматизированная установка для измерения удельного сопротивления из эффекта Холла // Вестник КарГУ. Серия физика. – 2009. №2 (54). – С.63-68.
10. Piyasov B.R., Ibrayev N.Kh. Synthesis of nanostructured films of zinc oxide and a study of its structural and luminescent properties // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – Vol. 110. – P. 1–4.
11. Klochko N.P., Khrypunov G.S. Controlled Growth of one-dimensional zinc oxide nanostructures in the pulsed electrodeposition mode // Semiconductors. – 2012. – Vol. 46. – P. 825–831
12. Павлов Л.П. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов. – М.: Высшая школа, 1987. – 239 с.
13. Баранский П.И., Ключков В.П., Потыкевич И.В. Полупроводниковая электроника. Свойства материалов. Справочник. – Киев: Наукова думка, 1975. – 704 с.
14. Хадж И. М. Б. А. Зависимость совершенства структуры, состава и электрических свойств оксида цинка от условий кристаллизации // диссертация по теме "Физическая электроника" – 2004 : 132-146

Кумаков Ф.Е., Мураткызы А., Мейрамова М. Карагандинский государственный университет имени академика Е.А. Букетова, химический факультет, гр. ХТОВ-32, студенты (Научный руководитель – д.х.н., проф. Салькеева Л.К.)

СИНТЕЗ И ПЕРСПЕКТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ГЛИКОЛУРИЛА В КАЧЕСТВЕ МОДИФИКАТОРОВ СТЕКЛОУГЛЕРОДНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЩЕГО ХОЛЕСТЕРИНА

Целью проекта является синтез новых производных гликолурила для углубленного биологического исследования и перспективного применения их в качестве модификаторов стеклоуглеродных электродов, электрохимических сенсоров для определения общего холестерина, которые позволяют понизить потенциал окисления холестерина и получать стабильный сигнал в доступной для измерения области.

Наличие в молекулах органических соединений атомов азота и серы обуславливает их высокую физиологическую активность, зачастую приводя к снижению токсичности [1].

Гликолурил может выступать в качестве синтона для синтеза новых азагетероциклов, с последующим изучением их биологической и физиологической активностей [2, с. 28].

Нами исследована возможность химической модификации гликолурила с целью получения новых азагетероциклов, с последующим введением их в различные реакции.

Известно, что N-замещенные гликолурилы обладают широким спектром биологической активности. Это свойство является основополагающим фактором, вызывающим огромный интерес в исследовании синтезов новой группы соединений, способных к проявлению разнообразных видов активности. Ранее в литературе сообщалось,